



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 29 593 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 11 B 9/14**

⑦1 Aktenzeichen: 100 29 593.2  
⑦2 Anmeldetag: 15. 6. 2000  
④3 Offenlegungstag: 18. 1. 2001

DE 100 29 593 A 1

③0 Unionspriorität:  
991129008 03. 07. 1999 EP

⑦1 Anmelder:  
International Business Machines Corp., Armonk,  
N.Y., US

⑦4 Vertreter:  
Kauffmann, W., Dipl.Phys. Dr., Pat.-Ass., 70569  
Stuttgart

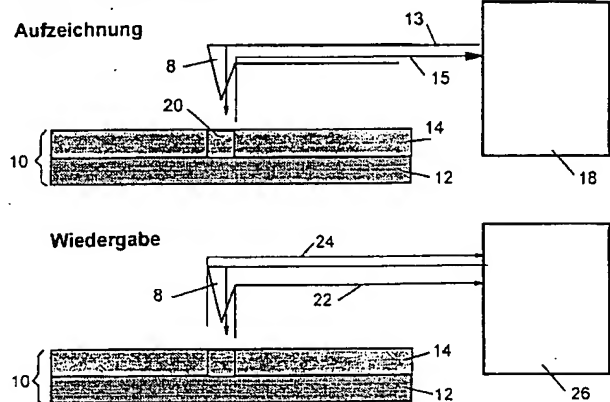
⑦2 Erfinder:  
Dietzel, Andreas, Dr., 55578 Wallertheim, DE;  
Fleischmann, Friedrich, Dr., 91054 Erlangen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Aufzeichnung, Speicherung und Wiedergabe von Daten

⑤1 Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Aufzeichnung und Speicherung von Daten auf und Wiedergabe von Daten von einem Speichermedium wird beschrieben, wobei das aktive Speichermedium einen Teil des Schreib-/Lese-Signalfads bildet.



DE 100 29 593 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf ein Verfahren zur Aufzeichnung, Speicherung und Wiedergabe von Daten. Genauer gesagt bezieht sich die Erfindung auf ein derartiges Verfahren, bei der eine Vorrichtung zur Erkennung von Daten durch eine entsprechende Interaktion zwischen einer Sonde und einem Prüfkörper eingesetzt wird. Noch genauer bezieht sie sich auf ein Medium für die Aufzeichnung, Speicherung und Wiedergabe von Daten.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Möglichen Anwendungen für die Technologie der Rastersondenmikroskopie (Scanning Probe Microscopy, SPM) gilt zur Zeit großes Interesse. SPM wurde bei der Grundlagenforschung lokaler Reibeigenschaften wie der Grenzschmierung molekularer Dünnschichten zwischen einem Schreibkopf und dem entsprechenden Dünnschicht-Aufzeichnungsmedium bei der magnetischen Aufzeichnung eingesetzt. Bei SPM-Speichertechniken wird für die Aufzeichnung, Speicherung und Wiedergabe von Daten das Rastersondenverfahren angewendet. Beispiele für diese Techniken sind die Rastersonden-Tunnelmikroskopie (Scanning Tunneling Microscopy, STM) und die Atom-Kraftmikroskopie (Atomic Force Microscopy, AFM). Mit solchen Techniken kann die Veränderung eines Speichermediums wie eine veränderte Oberflächentopografie oder veränderte physikalische Eigenschaften durch das Messen von physikalischen Größen, wie z. B. der Kraft zwischen einer Sondenspitze und dem Medium, hervorgerufen und erkannt werden.

Bei den ständig abnehmenden Abmessungen von EDV-Geräten durch Fortschritte in der Mikroelektronik wird die allgemeine Größenreduzierung durch die Datenspeicherung auf konventionellen Festplattenlaufwerken beschränkt. Der Schwachpunkt solcher Speichermedien sind ihre beweglichen Teile, welche die Verlässlichkeit und Robustheit beschränken.

Halbleiterspeicher hingegen sind in ihrer Größe beschränkt und ihr Preis ist unwirtschaftlich. Es werden neue Speichermedien mit hoher Kapazität von über 100 GB und deutlich verringerter Größe benötigt. Außerdem erfordern Multimediaanwendungen sehr hohe Übertragungsgeschwindigkeiten und kurze Zugriffszeiten.

Datenspeicher, die nach dem Rastersondenverfahren arbeiten, zeigen ein hohes Potential in der Speicherdichte (s. H. J. Mamin et al., "Tip-based data storage using micro-mechanical cantilevers", Sens. actuators A, Band 48, S. 215-219, 1994), während Ansätze zur Parallelisierung von Speichermedien hohe Übertragungsgeschwindigkeiten versprechen (s. US-A-5.835.477 an G. Binnig et al.). Speziell hoch parallele Geräte erfordern ein hohes Maß an Integration und möglichst wenig Übersprechen zwischen den einzelnen Kanälen.

## BESCHREIBUNG DER ZUGRUNDELIEGENDEN TECHNIK

Die Rastersondentechnik (Scanning Probe Technique, SPT) ist zur Bestimmung physikalischer Größen im Nanometerbereich gebräuchlich. Die physikalischen Größen werden durch die Beobachtung der Interaktion zwischen einer spitzen Sondenspitze und einem Prüfkörper ermittelt. Die ermittelten Größen können z. B. Tunnelstrom, atomare Kräfte, Magnetkraft, elektrostatische Kraft oder Lichtstärke sein. Diese Verfahren erreichen ein Auflösungsvermögen von ca. 1 nm bis 100 nm. Wegen dieses enormen Auflösungsvermögens gab es verschiedene Ansätze zum Einsatz

solcher Techniken für die digitale Datenspeicherung.

Das Schreiben von Bits von 1 nm bis 100 nm wurde bereits durch Tunnelströme, Oberflächenverformung des Mediums durch Erhitzen der Spitze (vgl. G. Binnig et al., "Thermomechanical writing with an atomic force microscope tip", Appl. Phys. Lett., Band 61, S. 1003-1005, 1992 sowie H. J. Mamin: "Thermal writing using a heated atomic force microscope tip", Appl. Phys. Lett., Band 69, S. 433-435, 1996) und induziertes Ladungsaufbringen durch ein elektrisches Feld erreicht (vgl. I. Fujiwara et al., "High density charge storage memory with scanning probe microscopy", Jap. J. Appl. Phys. Band 35, S. 2764-2789, 1996 sowie B. Terris et al., "Localized charge force microscopy", J. Vac. Sci. technol. A, Band 8, Nr. 1, S. 374-377, Jan./Feb. 1990). Die gespeicherten Daten wurden über eine entsprechende Rastersondentechnik ausgelesen.

Yamaguchi beschreibt die Verwendung von feldinduzierten umkehrbaren Schaltprozessen in bestimmten metallorganischen Materialien (S. Yamaguchi et al., "Surface Modifications on Charge-Transfer Complexes using Scanning Probe Microscopy", Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Band 3, 1993). Die Autoren beschreiben einen Umschaltvorgang von hohem zu niedrigem spezifischem Widerstand des Materials, wenn das elektrische Feld unter einer Sonde einen materialspezifischen Schwellenwert überschreitet. Der spezifische Widerstand kann durch das Anlegen eines Feldes negativer Polung wieder zurückgeschaltet werden. Ein ähnlicher Effekt wird bei optisch induziertem Schalten beobachtet. Durch die optische Begutachtung der Materialoberfläche wurde eine Art des Auslesens durchgeführt.

In US-A-5.535.185 wird eine Vorrichtung beschrieben, bei der die Rastersondentechnik für die Aufzeichnung/Wiedergabe von Daten mittels physikalischer Größen wie Tunnelstrom, Strahlungsstrom eines elektrischen Feldes, Kontaktstrom, Elektrostatischer Kapazität, Atomkraft, Magnetkraft und elektrostatischer Kraft unter adaptiven Aufzeichnungs-/Löschbedingungen angewendet wird. Es wird ein System mit einer einzelnen Sonde und zusätzlichen Steuerkreisen dargestellt.

Ein weiterer Ansatz wird in US-A-5.835.477 vorgeschlagen, wobei ein hoch paralleles System einer Sondengruppierung auf einem Speichermedium verwendet wird. Die Aufzeichnung/Wiedergabe erfolgt nach den bereits beschriebenen Prinzipien.

Alle diese Ansätze sind durch einen Schreibreiz auf einer Sonde gekennzeichnet, durch den eine Veränderung des Speichermediums erzielt wird. Beispiele für solche Veränderungen sind elektrische, magnetische, optische und elastische Merkmale sowie Oberflächentopographie oder Materialstärke. Gespeicherte Daten werden ausgelesen, indem die veränderten physikalischen Werte durch die Sonde erkannt und gemessen werden (z. B. Resonanzfrequenz des Auslegers, Biegespannung des Auslegers, Veränderung des Widerstands durch Abkühlung).

Alle diese Verfahren arbeiten also nach dem folgenden Schema:

Zunächst werden Daten über einen Messumformer auf ein Medium geschrieben. Die Daten werden sodann durch physikalische Veränderungen des Speichermediums gespeichert. Das Speichermedium selbst ist also passiv, da es einer Veränderung unterzogen wird. Die Aufzeichnung und Wiedergabe geschieht allein durch das Erkennen einer veränderten Reaktion des Mediums. Das Auslesen der Daten geschieht durch das Ermitteln solcher Veränderungen, wiederum über einen Messumformer (Schreibgerät/Lesegerät). Um das Medium später wiederverwenden zu können sind normalerweise Mittel zum Löschen des Mediums vorhanden.

Da alle Aufzeichnungs- und Wiedergabevorgänge über die Sonde geschehen, muss diese Sonde äußerst komplex sein. Sie muss Schreib- und Lesereize sowie ein Auslesen-Signal übermitteln. Deshalb ist bei einem solchen System eine höchst komplexe elektrische Verdrahtung auf engstem Raum nötig. Besonders gruppierte Strukturen wie die von G. Binnig et al. vorgeschlagene (US-A-5.835.477) erfordern ein höchst kompaktes Design und wegen der hohen Anzahl an Sonderelementen eine so geringe Störung zwischen den Sonderelementen wie möglich.

Bei solchen kompakten Konfigurationen kommt es häufig zu Nebensprechen, Rauschen, mechanischer Instabilität und Herstellungsproblemen.

Außerdem schließt die Verwendung von Sonden-Messumformern für Aufzeichnung und Wiedergabe mehrere physikalische Eigenschaften (wie z. B. optische Übertragungseffekte) für den Einsatz in Speicheranwendungen aus. Wegen seiner geringen Auswirkungen auf die Funktionalität bringt die Optimierung des passiven Mediums nur geringe Leistungsverbesserungen mit sich.

Deshalb ist es eine Aufgabe dieser Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu entwickeln, die eine Verbesserung der Speichersysteme mit Rastersondentechnik darstellen.

Eine andere Aufgabe der Erfindung ist die Entwicklung eines Verfahrens und einer Vorrichtung, die dem Speichermedium eine aktive Funktionalität verleiht.

Diese und andere Aufgaben und Vorteile werden durch das in Anspruch 1 beschriebene Verfahren und die in Anspruch 14 beschriebene Vorrichtung erreicht.

Praktikable Ausführungsformen der Erfindungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

SPT-Speichertechnologien basieren auf lokalen Veränderungen der physikalischen Eigenschaften eines Speichermediums. Beispiele für solche Veränderungen sind Oberflächentopographie, elektrische (z. B. Kapazität, spezifischer Widerstand), magnetische, optische und andere Merkmale. Bei herkömmlichen Ansätzen werden solche Veränderungen beim Schreibprozess durch Schreibsignale auf einem Signalpfad erreicht, die über einen Sondensignalgeber fließen und so den Kreis schließen. Das Auslesen erfolgt durch das Messen von physikalischen Größen (z. B. elektrischer Widerstand), die entsprechend der aufgezeichneten Veränderungen modifiziert wurden. Die Wiedergabe geschieht normalerweise nur durch das Erkennen der veränderten Reaktion der Sonde.

Im Gegensatz zu den vorausgehenden Arbeiten enthält das hier dargestellte Konzept ein aktives Medium. Das bedeutet, dass das Speichermedium beim Aufzeichnen, Löschen und Wiedergeben eine aktive Rolle spielt, entweder nur teilweise oder in Kombination mit diesen Prozessen. Diese aktive Rolle ist gekennzeichnet durch einen Signalpfad, der während der entsprechenden Prozesse durch das Medium verläuft.

Die aktive Rolle kann, ohne auf diese beschränkt zu sein, beispielsweise eine oder alle der folgenden Aktivitäten sein:

- Schreiben über ein Medium,
- Wiedergabe über ein Medium,
- Löschen über ein Medium,
- Erwärmen über ein Medium.

Dies kann sich auf mehrere physikalische Eigenschaften erstrecken. Beispiele für solche Größen sind die elektrische Leitfähigkeit, optische Merkmale wie z. B. Transparenz/Re-

flexionsvermögen oder elektrische Kapazität. Diese Liste ist nur beispielhaft und schließt andere Merkmale nicht aus. Das Medium kann strukturiert sein, was sich bei Speicherfeldern als besonders vorteilhaft erweist.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 zeigt das Prinzip von Speicherfeldern am Beispiel eines strukturierten Mediums in Draufsicht;

Fig. 2 zeigt ein Beispiel eines Verfahrens nach dem Stand der Technik (Aufzeichnung und Wiedergabe);

Fig. 3 zeigt das Prinzip der Aufzeichnung mit einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 zeigt das Prinzip der Wiedergabe mit einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 zeigt ein Beispiel des Verfahrens zum Aufzeichnen und Löschen gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei der Effekt der elektrischen Leitfähigkeit genutzt wird;

Fig. 6 zeigt ein Beispiel des Verfahrens zur Wiedergabe gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei der Effekt der elektrischen Leitfähigkeit genutzt wird;

Fig. 7 zeigt ein in Speicherfelder aufgeteiltes Medium mit Löschkontakten und Sondensignalgebern in Draufsicht;

Fig. 8 zeigt ein weiteres Beispiel des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei für die Aufzeichnung optische Effekte genutzt werden;

Fig. 9 zeigt ein Beispiel des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei für die Wiedergabe optische Effekte genutzt werden;

Fig. 10 zeigt ein weiteres Beispiel des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei thermovoltische Effekte genutzt werden; und

Fig. 11 zeigt ein Beispiel des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei der Effekt des Schaltens magnetischer Domänen genutzt wird.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

Ein Großteil der digitalen Online-Speichersysteme arbeitet mit Festplattensystemen. Solche Systeme haben zur Zeit eine Flächendichte von 4 GB/in<sup>2</sup>, mit einer jährlichen Steigerungsrate von ca. 60%. Es gibt allerdings eine Obergrenze, da mit der immer weiter reduzierten Bitgröße die geschriebenen Daten instabil werden. Deshalb benötigt man andere Techniken, bei denen diese Einschränkung nicht gilt.

Rastersondentechniken (SPT) haben sich für Speicheranwendungen als äußerst vielversprechend gezeigt, weil mit ihnen eine hohe Dichte erreicht werden kann. Rastersondenmikroskope wie Rastersonden-Tunnelmikroskope oder Atom-Kraftmikroskope wurden bereits zur lokalen Veränderung der Eigenschaften von Speichermedien auf Nanometerbasis eingesetzt. Veränderungen mittels STM wurden sogar auf der atomaren Ebene gezeigt (S. Hosaka et al., Appl. Surf. Sci., Band 60/61, S. 643, 1992), doch bei diesen Systemen ist die Servosteuerung für den Abstand zwischen Spitze und Medium (erforderlich zur Aufrechterhaltung einer Tunnel-Lücke im Sub-Nanometerbereich) anfällig und langsam, und die Übertragungsgeschwindigkeiten sind niedrig. Bei anderen Ansätzen wie Ladungsspeichern (I. Fujiwara, "High density charge storage memory with scanning probe microscopy", Jap. J. Appl. Phys. Band 35, S. 2764-2789, 1996) wurde eine Dichte von bis zu 63 GB/in<sup>2</sup> erreicht. Mehrere Wissenschaftler untersuchten Einprägetechniken, bei denen die Oberflächen lokal verändert und die Daten über einen Ausleger mit Spitze wieder ausgelesen werden (wodurch die langsame Servosteuerung für den Abstand zwischen Spitze und Medium umgangen wird) (z. B. B.

Chui et al., "Low-stiffness silicon cantilevers with integrated heaters and piezoresistive sensors for high density AFM thermomechanical data storage", J. Micromechanical systems, Band 7, Nr. 1, 1998; H. J. Mamin et al., "High density data storage using proximal probe techniques", IBM J. Res. Develop., Band 39, S. 681-699, 1995).

Während man sich hauptsächlich auf größtmögliche Datendichte konzentrierte, wurden Aspekte wie Zuverlässigkeit, Übertragungsgeschwindigkeit und Zugriffszeit weniger beachtet. Diese Aspekte sind jedoch für die kommerzielle Anwendung von Speichersystemen genauso wichtig wie die Dichte. Bei den vielversprechendsten Speicheranwendungen auf AFM-Basis wird vorgeschlagen, durch Gruppierung von mehreren hundert Sonderelementen mit herkömmlichen Festplattenlaufwerken vergleichbare Übertragungsgeschwindigkeiten zu erreichen (M. Lutwyche et al., "Microfabrication and parallel operation of  $5 \times 5$  2D AFM cantilever arrays for data storage and imaging", Proceedings MEMS 98, S. 8-11, 1998, IEEE-Katalog Nummer 98CH36176; US-A-5.835.477).

Im folgenden werden die grundlegenden Fachbegriffe zur Speicherung auf SPT-Basis zum allgemeinen Verständnis kurz beschrieben:

#### Ausleger

Wenn bei dieser Erfindung von Auslegern die Rede ist, handelt es sich um Ausleger, die speziell zum Einsatz in der Rastersondentechnologie (SPT) vorgesehen sind. Diese Ausleger sind mikromechanische Strukturen, hergestellt durch Halbleiter- und mikromechanische Prozesse. Beim Anpassen von Auslegern an spezielle Erfordernisse der geplanten Anwendung müssen Parameter wie die Geometrie, die Materialzusammensetzung und das Substrat berücksichtigt werden. Beispiele dafür sind Steifigkeit oder Resonanzfrequenz. Diese Ausleger werden bereits standardmäßig hergestellt. Solche Ausleger können außerdem als Auslegergruppierung hergestellt werden.

#### Spitze/Sondenspitze

Die Spitze des Auslegers fungiert als lokale Sonde. Sie kann sowohl für Schreib- als auch für Lesevorgänge verwendet werden. Die erreichbare Datendichte hängt von der Feinheit der Spitze ab. Die Spitzen werden normalerweise bei der Herstellung der Ausleger durch Ätzen hergestellt. Die Spitzen können zum Beispiel aus dotiertem oder undotiertem Silicium oder Wolfram bestehen und sie können modifiziert (z. B. laminiert, dotiert) werden, um ihnen eine spezielle Funktionalität (z. B. Leitfähigkeit) zu verleihen.

#### Sondensignalgeber

Der hier verwendete Begriff "Sondensignalgeber" bezieht sich auf einen Meßumformer kleinen Ausmaßes, normalerweise in der Kombination Ausleger/Spitze, mit zusätzlichen Mitteln zur Erzeugung von Schreib- und Lesesignalen. Er wird für die lokale Veränderung des Speichermediums und zum Ermitteln der verschiedenen physikalischen Eigenschaften des Mediums verwendet, welche die gespeicherten Daten darstellen.

#### Speichermedium

Daten werden gespeichert oder gelöscht, indem lokale physikalische Veränderungen des Speichermediums verursacht oder entfernt werden. Beispiele für solche lokalen Veränderungen sind

- Veränderungen der Topographie,
- Veränderungen der Zusammensetzung,
- Herstellen oder Verändern chemischer Bindungen,
- Schaffen oder Verändern von Domänenstrukturen,
- Veränderung der kristallinen Phase,
- Schaffen, Verändern oder Zerstören von Elektronenzuständen,
- Schaffen oder Verändern von Polarisationszuständen.

Jede Kombination physikalischer oder chemischer Effekte kann verwendet werden. Eine (nicht vollständige) Beschreibung von möglichen Speichermedien findet sich in US 5.307.311. Das Speichermedium kann aus einer oder mehreren Schichten auf einem Substrat oder ohne Substrat bestehen. Es kann auch strukturiert sein, um getrennte Speicherfelder zu bilden, die jeweils individuelle Bitzellen oder Gruppierungen solcher Bitzellen umfassen. Das Konzept der Speicherfelder wird in US-A-5.835.477 dargestellt. Die allgemeine Struktur wird in Fig. 1 gezeigt. Ein Medium 2 ist in mehrere Speicherfelder 4 aufgeteilt, die wiederum in noch kleinere Speicherfelder 6 aufgeteilt werden können. Das Konzept der Speicherfelder in Kombination mit Sonderelementgruppierungen ist besonders zweckmäßig. Untergruppierungen von Sonden oder einzelnen Auslegern können jeweils eigene Speicherfelder zugeordnet werden. Dadurch wird ein effizienter Einsatz der Speicherfläche des Mediums und das Löschen/Auffrischen ganzer Speicherfelder ermöglicht.

Polymere wie PMMA sind ein häufig verwendetes Speichermedium für Speicher auf AFM-Basis. Topografieveränderungen in einem solchen Medium können einfach durch lokales Erwärmen und Schmelzen oder durch Weichmachen und Eindringen der Sondenspitze erreicht werden. Ein anderer anwendbarer Effekt ist das Aufbringen von Ladungen.

Mit den immer kleiner werdenden Gerätegrößen und wachsenden Übertragungsgeschwindigkeiten werden hochparallele Systeme immer interessanter. Solche Systeme erfordern eine klare Trennung der Lesesignale von einzelnen Kanälen, um die Datenintegrität zu erhalten, sowie natürlich eine geringe Fläche.

Im Folgenden wird die Erfindung mit Hilfe der Zeichnungen detaillierter beschrieben.

Bei konventionellen Ansätzen werden Konfigurationen wie die in Fig. 2 dargestellte verwendet. Die Daten werden durch lokale Veränderung des Speichermediums wie oben beschrieben gespeichert. Mit der heutigen Technik wurden bereits lokale Veränderungen in Größenordnungen von wenigen nm erreicht.

Ein Speichermedium 10, bestehend aus einem Substrat 12 und einem oder mehreren Schichten des Aufzeichnungsmediums 14 wird wie oben beschrieben durch einen Sondensignalgeber 8 abgetastet. Das Medium kann in Speicherfelder aufgeteilt sein. Der Sondensignalgeber kann entweder als einzelne Sonde oder als Sonderelementgruppierung, bestehend aus einer ein- oder zweidimensionalen Kombination von Auslegern und Spitzen ausgeführt sein. Die Ausleger werden entweder in Kontakt mit der Oberfläche des Mediums oder kurz darüber bewegt. Wenn das Speicherfeld oder Medium abgetastet wird, bewirkt (bewirken) die Spitze(n) lokale Veränderungen des Speichermediums, bzw. misst (messen) sie den entsprechenden physikalischen Wert um so die aufgezeichneten Daten zu ermitteln. Die Positionierung der Sonde (der Sonderelementgruppierung) kann durch einen entsprechenden Rückkopplungsmechanismus gesteuert werden. Normalerweise stammen die Daten aus einem Computerprogramm, das einen Strom von digitalen Daten erzeugt. Eine Schreib-Schaltlogik wandelt den digitalen Datenstrom in ein ent-

sprechendes Schreibsignal um, das verwendet werden kann, um die relevanten Veränderungen des Mediums zu bewirken. Dieses Schreibsignal 13 wird in einer Datenquelle 18 erzeugt, in die Spitze gespeist und kehrt dann wieder über den Schreibsignal-Rücklaufpfad 15 an die Datenquelle 18 zurück. Jede solche Konfiguration, die eine Sequenz von Schreibdaten zur Verfügung stellt, wird als Datenquelle bezeichnet. Die lokale Veränderung stellt das Datenbit 20 dar.

Zum Auslesen wird ein Lesereiz 22 generiert und auf den Sondensignalgeber geleitet. Dieser Stimulus wird durch die gespeicherten Daten verändert und stellt so das Lesesignal 24 dar. Das Lesesignal 24 wird dann an eine Erkennungsschaltlogik weitergeleitet, die es in einen digitalen, von einem Computerprogramm nutzbaren Datenstrom umwandelt. Solche Kombinationen von Reizerzeugern, Erkennungs- und datenverarbeitenden Mitteln wird als Datensinke 26 bezeichnet.

#### Konventionelle Aufzeichnung

Beim Aufzeichnen werden Daten normalerweise über einen sondenartigen Messumformer auf ein Medium geschrieben. Die Daten werden also durch physikalische Veränderungen des Speichermediums gespeichert. Beim konventionellen Ansatz (Fig. 2) wird ein Schreibsignal aus einer Datenquelle auf die Sonde geleitet. Ein Schreib-Schaltlogik zum Generieren solcher Signale ist in die Datenquelle integriert. Dieses Schreibsignal verändert das Verhalten/die Eigenschaften der Sondenspitze (z. B. Erwärmen der Spitze zur thermomechanischen Speicherung), wodurch das Medium verändert wird (in diesem Beispiel eine Oberflächenveränderung durch lokales Schmelzen eines Polymers). Die lokale Veränderung der Eigenschaften bzw. der Kenndaten des Mediums stellt ein Datenbit dar. So werden für die thermomechanische Speicherung mindestens zwei Zuführungsdrähte zur Spitze benötigt. Der Pfad des Schreibsignals beginnt bei der Datenquelle und kehrt über den Sondensignalgeber an die Datenquelle zurück.

#### Konventionelles Auslesen

Zum Auslesen wird ein Lesereiz-Signal auf den Sondensignalgeber geleitet. Die Art des Lesereizes ist vom physikalischen Merkmal, das zur Darstellung des Datenbits verändert wurde und vom Erkennungsverfahren abhängig. Der Lesereiz kann entweder direkt durch die Datensinke oder durch eine zusätzliche Schaltlogik (nicht in Fig. 2 gezeigt) ausgeübt werden. Ein Beispiel für einen Lesereiz ist ein Abtaststrom, der bei Speicherung auf AFM-Basis mit piezoresistiven Sondensensoren eingesetzt wird. Ein Beispiel dafür ist die thermomechanische Speicherung. Eine Biegung des Auslegers durch die Oberflächentopographie des Mediums verändert den Widerstand des Messumformers und damit das Lesesignal, in diesem Fall dargestellt durch den Spannungsabfall des Lesereiz-Stroms in den piezoresistiven Elementen. Es sind sowohl Zuführungsdrähte für die Reizübertragung als auch in die Sonde integrierte piezoresistive Elemente erforderlich.

Der Lesereiz wird durch die gespeicherten Daten bzw. die geänderten physikalischen Eigenschaften des Mediums verändert. Die Veränderungen stellen das Lesesignal dar. Normalerweise wird die Kombination aus Lesereiz und Veränderungen als Lesesignal bezeichnet. Das Lesesignal wird wieder in die Datensinke zurückgeleitet. In der Datensinke werden die Veränderungen des Lesereizes erkannt und in eine binäre Darstellung umgewandelt.

Der neue Aufzeichnungsansatz (Fig. 3) mit einer aktiven Funktionalität des Speichermediums während des Aufzeich-

nungsvorgangs umfasst eine Datenquelle 18 und die Erzeugung eines Schreibsignals 13, das aus der Datenquelle 18 hervorgeht. Das Schreibsignal durchquert die Aufzeichnungsschicht 14 und der Signalpfad wird über den Rücklaufpfad 15 des Schreibsignals zurück zur Datenquelle geschlossen.

Ein Beispiel dafür ist ein DC-Schreibstrom, der von der Datenquelle ausgeht. Der Strom fließt von der Quelle zur Spitze, wobei er das Medium lokal durchquert und über eine leitende Schicht oder ein leitendes Substrat zurück zur Datenquelle fließt. Dieser Strom verändert die Eigenschaften des Mediums lokal (z. B. indem er Löcher in eine lichtabsorbierende Schicht oder in eine Schicht mit hohem spezifischen Widerstand brennt).

Fig. 4 zeigt den neuen Ansatz bei der Datenwiedergabe.

Der Lesereiz 17 kommt aus der Datensinke 26. Dieser Reiz kann über den Rücklaufpfad 19 zurückfließen, muss es aber nicht. Er wird entweder durch das geschriebene Datenbit 20 verändert und bildet so das Lesesignal 24 (Veränderungen des Reizes stellen die Daten dar) oder er generiert ein neues Signal, das Lesesignal (24). In jedem Fall durchquert der Signalpfad das Aufzeichnungsmedium 14 und das Lesesignal wird über die Abtastschicht des Mediums oder das Substrat geleitet, wodurch der Signalpfad zur Datensinke geschlossen wird.

Ein Beispiel dafür könnte eine isolierende Schicht auf einem leitenden Substrat sein. Die Daten werden durch Löcher in der isolierenden Schicht dargestellt. Beim Auslesen ist eine Sonde in Kontakt mit der isolierenden Schicht. Ein genau gesteuerter Strom (erzeugt durch die Datensinke) zwischen Sonde und Substrat kann als Lesereiz dienen. Wenn die Sonde ein Loch erreicht, fließt ein Strom von der Datensinke über die Sonde und das Medium zurück an die Datensinke. Dieser Strom stellt das Lesesignal und damit die aufgezeichneten Daten dar.

Der Lesesignalpfad beginnt mit dem Lesereiz an der Datensinke und ist über den Sondensignalgeber und das Medium geschlossen.

Beispiele und detailliertere Beschreibungen werden in den Beschreibungen zu Fig. 5 bis Fig. 11 gegeben.

Die Vorteile des vorgeschlagenen Verfahrens sind:

- Einfachere Herstellung der Sondensignalgeber durch verminderte Komplexität: Die Integration aller Funktionalitäten in die Sonde erfordert zusätzlich zu den Kernelementen der Sonde eine große Zahl von signalerzeugenden und -verstärkenden Elementen. Es werden also Vorrichtungen zur Erzeugung von Schreibsignalen, eine Verdrahtung für die Schreibsignale, Lesereiz- und Lesesignale benötigt. Außerdem werden Mittel zur Umwandlung der gespeicherten Daten in Lesesignale durch das Feststellen der verursachten Veränderungen an den physikalischen Eigenschaften des Mediums benötigt. Dies alles muss in miniaturisierter Form in den sondenartigen Messumformer integriert sein. Im Gegensatz zu diesem konventionellen Ansatz werden bei dem vorgeschlagenen Verfahren weniger Elemente für die Sonde benötigt (Anzahl und Art hängen von der Funktionalität ab, die dem Medium verliehen wurde). Da einige Signale nun auf der Mediumseite des Speichersystems übertragen werden, reicht eine geringe Verdrahtung aus. Dies bringt mehr Raum zur Integration der benötigten Elemente und einfachere Herstellungsprozesse mit sich.

- Geringere Abhängigkeit zwischen Schreib- und Lesesignal: Durch die reduzierte Verdrahtung auf der Sonden- und der Mediumseite kann eine bessere Trennung (Abstand zueinander, optimierter Aufbau) der Signalleitungen er-

reicht werden. Die Trennung in sondenseitige und mediumseitige Verdrahtung reduziert bei manchen Konfigurationen darüber hinaus die Interaktionen zwischen Schreib- und Leseprozess.

– Die Herstellungsprozesse für das Medium und den Messumformer können getrennt optimiert werden: Momentan müssen die für die Aufzeichnung und Wiedergabe benötigten Elemente in den sondenartigen Messumformer integriert werden. Alle Herstellungsprozesse müssen kompatibel sein. Dies verringert die Anzahl der zur Herstellung von Schreib- oder Leseelementen verwendbaren Prozesse und Materialien. Durch ein Entfernen von inkompatiblen Elementen und die Übertragung ihrer Funktion auf das Medium können optimierte Prozesse und Materialien für den sondenartigen Messumformer sowie für das Medium verwendet werden. Da der neue Ansatz einen Gewinn an nutzbarem Platz auf der Sondenseite verspricht, können komplexere Strukturen realisiert werden. Dies könnte für weitere Verbesserungen des Aufzeichnungs-/Wiedergabeprozesses verwendet werden.

– Stärkere Auslese-Signale durch den Einsatz bislang unüblicher physikalischer Werte.

– Akkurates Löschen einzelner Speicherelemente und/oder -Bits durch direkte Adressierung.

Speziell bei Ansätzen, bei denen Sondengruppierungen verwendet werden, treten wegen der hohen Anzahl der Anschlüsse für die Adressierung der Sonde und die Reiz- und Signalleitung oft Platzbeschränkungen und Nebensprechen auf. Mit der hier vorgeschlagenen Erfindung wird eine deutliche Verringerung der Zahl der Anschlüsse und dadurch eine bessere Trennung der Signale erreicht.

#### BEISPIELE

Im folgenden werden einige Beispiele aufgeführt, bei denen spezielle Effekte genutzt werden.

Ein Beispiel, bei dem der physikalische Effekt der elektrischen Leitfähigkeit verwendet wird, ist in Fig. 5 gezeigt. Die Funktion ist folgende:

Das Speichermedium besteht aus einer beschreibbaren Schicht 11 mit hohem spezifischem Widerstand die auf einem leitenden Substrat 12 aufgebracht ist. Alternativ kann die Schicht 11 auch als Teil einer Mehrschicht-Struktur 19 ausgelegt sein, die besagte Schicht mit hohem spezifischem Widerstand enthält. Auf diese Weise wird kein leitendes Substrat benötigt. Diese Anordnung kann z. B. auf einen Chip aufgetragen werden. Zum Aufzeichnen fließt ein (Schreib-) Strom  $I_w$  16 zwischen den Verbindungen 21 und 23 des Sondensignalgebers 8 und dem Medium. Der Schreibstrom geht vom Schreibtreiber (Teil der Datenquelle 18) aus, durchquert ausgehend von der Auslegerspitze die beschreibbare Schicht, wobei er das Speichermedium verändert, z. B. durch das Brennen von Löchern oder durch lokales Schalten auf einen hoch leitfähigen Zustand, und endet am Schreibtreiber. Die Spitze des Sondensignalgebers ist hierbei dotiert oder laminiert, um einen hoch leitfähigen Zustand zu erreichen. Anstelle des Widerstands kann auch die Kapazität verwendet werden.

Zum Löschen kann zum Beispiel ein ganzes Speicherfeld gelöscht werden, indem ein Löschstrom angelegt wird, um die Kontakte 25, 27 zu löschen. Der Löschstrom erhitzt die beschreibbare Schicht mit hohem spezifischem Widerstand entweder direkt oder über das Substrat oder eine spezielle Heizschicht 3 (wie in Fig. 8 gezeigt). Das weich gemachte Material schließt die eingebrannten Löcher wieder.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform hat das

Speicher(elektroden)-Feld genau die Größe des Abtastbereichs. So kann der gesamte Abtastbereich als Ganzes gelöscht werden.

Während des Leseprozesses wird der verringerte Widerstand zwischen dem Ausleger und dem leitfähigen Substrat am Datenbit 20 durch die Messung des Stroms zwischen Spitze und Medium erkannt. Ein Beispiel wird in Fig. 6 gezeigt. Ein Lesereiz 22 wird an die Anschlüsse 21 und 23 des Sondensignalgebers und des Mediums angelegt. Dieser Reiz kann von einer hoch präzisen Spannungsquelle ausgehen. Solange die Spitze des Sondensignalgebers 8 mit einem Teil hohen spezifischen Widerstands der beschreibbaren Schicht 14 in Kontakt ist, fließt zwischen der Spitze und dem Medium 10 sowie zwischen den Kontakten 21 und 23 kein oder nur ein geringer Strom. Beim Erreichen eines veränderten Datenbits mit geringem spezifischem Widerstand fließt ein höherer Strom und bildet so ein Lesesignal 24. Der Zustand hohen/geringen Stroms stellt die gespeicherten Daten dar und wird in der Datensenke 26 erkannt. Der Vorteil einer solchen Ausführungsform ist, dass relativ große Stromstärken erreicht werden können. Die Stromstärke wird nur durch die Temperaturgrenzen der Spitze und des Mediums begrenzt. Hohe Stromstärken bedingen ein gutes Signal-Rausch-Verhältnis und damit ein robustes System.

Ein Vorteil einer solchen Ausführungsform ist es, dass nur ein Zuführungsdraht zum Ausleger benötigt wird.

Fig. 7 zeigt in Draufsicht eine Messumformergruppierung 9 auf einem Medium 5, die in mehrere Speicherfelder 7 eingeteilt ist. Es werden pro Speicherfeld 7 und Sondensignalgeber 8 nur zwei Zuführungsdrähte benötigt.

Bei konventionellen Ansätzen werden zwei oder mehr Zuführungsdrähte für Schreibsignale, Lesereiz und Lesesignal benötigt. Häufig werden zusätzliche Elemente wie zum Beispiel Piezowiderstände benötigt. Die Zuführungsdrähte und Elemente verbrauchen wertvollen Platz auf der kleinen Sonde, interagieren miteinander, so dass Schreib- und Lesesignale gestört werden, und führen zu verringerter Zuverlässigkeit.

Bei einem anderen Beispiel, in Fig. 8 gezeigt, werden optische Effekte verwendet:

Anstelle der Schicht mit hohem Widerstand wird eine Schicht optisch absorbierenden oder hoch reflektierenden Materials 1 auf einen CCD-Sensor 31 aufgebracht. Sie kann in eine Mehrschicht-Struktur 29 eingebettet sein. Dieses Material wird durch den Schreibstrom mit den oben beschriebenen Verfahren lokal perforiert. Zum Löschen kann eine zusätzliche Erhitzungsschicht 3 zwischen der absorbierenden/reflektierenden Schicht und dem CCD-Sensor eingebracht sein, welche den beschriebenen Bereich so erhitzt, dass die Perforationen völlig repariert werden.

Beim Auslesen wird eine Lichtquelle (z. B. eine optische Nahfeldspitze) zusammen mit dem Ausleger bewegt. Der Lesereiz (Licht oder ein entsprechendes Signal zum Emittieren von Licht aus der Spitze) 22 wird über den Kontakt 21 auf den Sondensignalgeber 8 geleitet. Wird ein Rücklaufpfad benötigt, wird das Rücklaufsignal 24 des Reizes über den Kontakt 23 zur Datensenke zurückgeführt. Das durch die Perforationen dringende Licht wird durch einen Bereich 31 des CCD-Sensors erkannt. Das durch den CCD-Sensor generierte Lesesignal 25 wird über den Anschluss 30 wieder zur Datensenke 26 zurückgeführt. Die Position des eigentlichen gelesenen Datenbits ist durch die Position des Auslegers bekannt.

Ein Beispiel, bei dem thermoelektrische Effekte verwendet werden, wird in Fig. 10 gezeigt.

Eine wärmeisolierende beschreibbare Schicht wird mit den oben beschriebenen Verfahren durch den Schreibstrom lokal perforiert. Das Speichermedium ist aus mehreren

Schichten zusammengesetzt und bildet ein Thermoelement 33. Die beschreibbare Schicht 14 ist auf die Oberfläche des Mediums aufgebracht. Ein Thermostrom 32 wird erzeugt und in die Datensenke 26 geleitet. Beim Lesen ist die Auslegerspitze in Kontakt mit der Oberfläche des Mediums. Wenn ein Datenbit 20 geschrieben wurde, ist die beschreibbare Schicht perforiert. Wenn die Spitze des Thermoelement berührt, verändert sich durch den Kontakt mit der Spitze die Temperatur des Mediums. Dadurch verändert sich die Thermospannung  $U_{th}$ , was durch die Datensenke erkannt wird. 5 10

Ein Beispiel, bei dem magnetische Domänen-Effekte verwendet werden, wird in Fig. 11 gezeigt.

Das Speichermedium ist aus einer magnetisierbaren beschreibbaren Schicht 14 auf einer darunterliegenden Schicht 5 hoher Permeabilität zusammengesetzt. Zusätzliche Schichten und strukturierte Medien können verwendet werden. Strukturierte Medien versprechen stabilere Domänen bei geringerer Bitgröße. Der Sondensignalgeber kann als Magnetflussleiter konstruiert sein oder eine den Magnetfluss erzeugende Schreibspule mit hoch permeabler Spitze tragen. Das Schreibsignal 16 aus der Datenquelle ist entweder ein Magnetfluss, der auf den Flussleiter übertragen wird oder ein Schreibstrom, der auf die Schreibspule geleitet wird. In beiden Fällen geht der Magnetfluss von der Spitze aus, sättigt das Speichermedium und bildet so das Datenbit 20. Der Schreib-Signalfad wird über eine weichmagnetische Unterschicht 5 zurück zur Datenquelle 18 geschlossen. Das Auslesen kann zum Beispiel durch konventionelle MFM (Magnetkraft-Mikroskopie)-Verfahren geschehen. 15 20 25 30

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufzeichnung und Speicherung von Daten auf und Wiedergabe von Daten von einem Speichermedium, **gekennzeichnet dadurch**, dass das Speichermedium Teil eines Schreib- und/oder Lesesignalfads ist. 35
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Eigenschaften des Speichermediums lokal verändert werden, wenn Daten auf dem Speichermedium aufgezeichnet und gespeichert werden. 40
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Speichermedium aus einer Gruppe ausgewählt wird, die aus einer Schicht eines elektrisch oder wärmeisolierenden Materials, einer Schicht Materials mit hohem spezifischem Widerstand, einer Schicht optisch absorbierenden Materials, einer Schicht optisch reflektierenden Materials, einer Schicht eines magnetisierbaren Materials und einer Thermoelement-Struktur besteht; oder Kombinationen von diesen. 45 50
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das Speichermedium eine Mehrschicht-Struktur ist, die mindestens eine dieser Schichten enthält.
5. Verfahren nach Anspruch 3, wobei Löcher in dem Speichermedium gebildet werden. 55
6. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der Widerstand der Schicht lokal geschaltet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Reflektivität der Schicht lokal geschaltet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 3, wobei magnetische Domänen in dem Speichermedium gebildet werden, wenn eine magnetisierbare Schicht verwendet wird. 60
9. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 8, wobei eine Sonde in Kontakt mit dem Speichermedium ist, wenn Daten wiedergegeben werden. 65
10. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 8, wobei eine Sonde in engem Kontakt mit dem Speichermedium ist, wenn Daten wiedergegeben wer-

den.

11. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 8, wobei eine Sonde in diskontinuierlichem Kontakt mit dem Speichermedium ist, wenn Daten wiedergegeben werden.

12. Verfahren nach einem beliebigen der obigen Ansprüche, gekennzeichnet durch die Schritte

- a) Zur Verfügung stellen eines Speichermediums
- b) Positionieren eines Sondensignalgebers auf das Speichermedium
- c) Erzeugen eines Schreibsignals in einer Datenquelle
- d) Leiten des Schreibsignals auf den Sondensignalgeber
- e) Verändern der physikalischen Eigenschaften des Speichermediums durch das Schreibsignal nach einem beliebigen der Ansprüche 5 bis 8
- f) Erzeugen eines Lesereizes, der durch die veränderten physikalischen Eigenschaften modifiziert wird
- g) Leiten des modifizierten Lesereizes auf eine Datensenke.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Lesereiz ein neues Signal erzeugt, wodurch das Lesesignal auf die Datensenke geleitet wird.

14. Vorrichtung zur Aufzeichnung und Speicherung von Daten auf und Wiedergabe von Daten von einem Speichermedium, umfassend

- a) ein Substrat
- b) ein Speichermedium
- c) eine Datenquelle, die ein Schreibsignal erzeugt
- d) eine Sondenspitze oder eine Sonden-Gruppierung
- e) ein Schreib-/Lese-Signalfad
- f) Positionierungsmittel zum Positionieren der Sonde oder der Sonden-Gruppierung auf das Speichermedium
- g) eine Datensenke, die ein Lesesignal feststellt

wobei das Speichermedium einen Teil des Schreib-/Lese-Signalfads bildet.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei das Substrat leitend ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei das Substrat nicht leitend ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, wobei eine leitende Schicht auf der Oberseite der nicht leitenden Schicht aufgebracht ist.

18. Vorrichtung nach einem beliebigen der Ansprüche 14 bis 17, zusätzlich umfassend Mittel zur Abstandsregelung.

19. Vorrichtung nach einem beliebigen der Ansprüche 14 bis 18, wobei die Sondenspitze oder die Sonden-Gruppierung in direktem Kontakt mit dem Speichermedium ist.

20. Vorrichtung nach einem beliebigen der Ansprüche 14 bis 18, wobei die Sondenspitze oder die Sonden-Gruppierung nahe dem Speichermedium angeordnet ist, aber damit nicht in direktem Kontakt ist.

21. Vorrichtung nach einem beliebigen der Ansprüche 14 bis 18, wobei die Sondenspitze oder die Sonden-Gruppierung in diskontinuierlichem Kontakt mit dem Speichermedium ist.

22. Vorrichtung nach einem beliebigen der Ansprüche 14 bis 21, wobei das Speichermedium aus einer Gruppe ausgewählt wird, die aus einem elektrisch oder wärmeisolierenden Material, einer Schicht Materials mit hohem spezifischem Widerstand, einer Schicht optisch absorbierenden Materials, einer Schicht optisch refle-



tierenden Materials, einer Schicht magnetisierbaren  
Materials und einer Thermoelement-Struktur besteht;  
oder Kombinationen von diesen.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



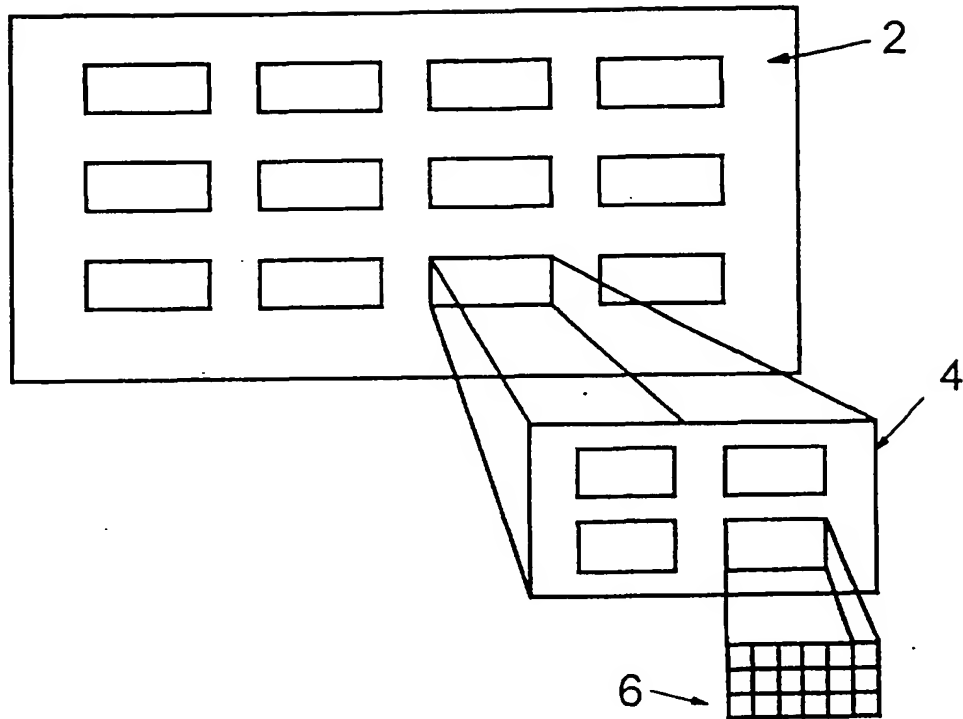


FIG. 1

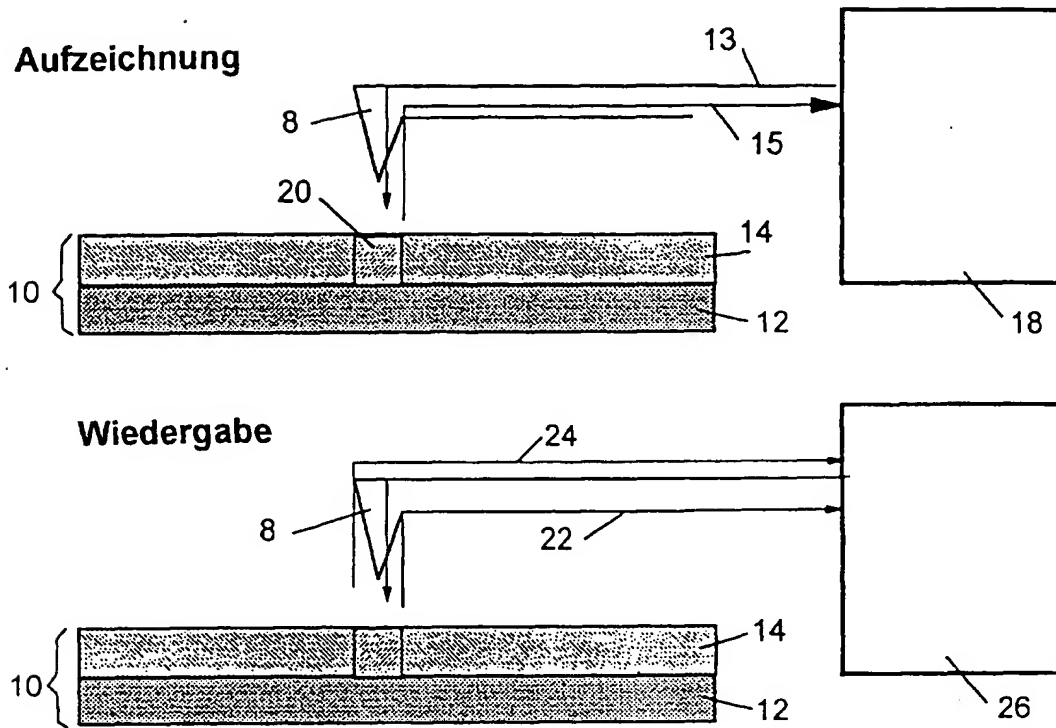


FIG. 2

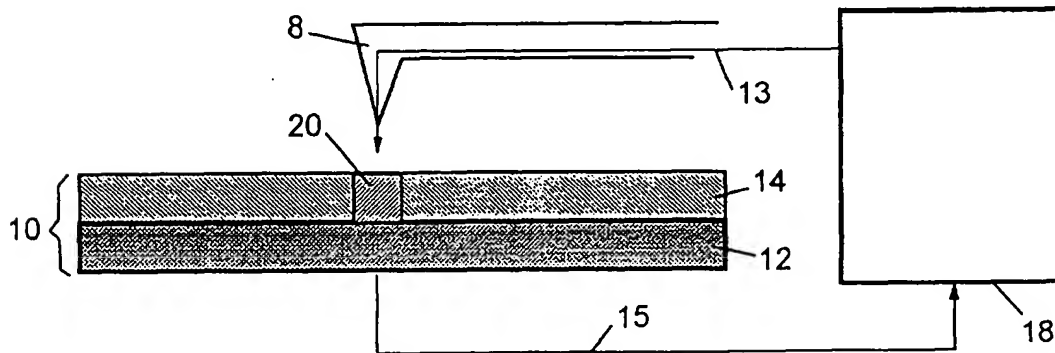


FIG. 3

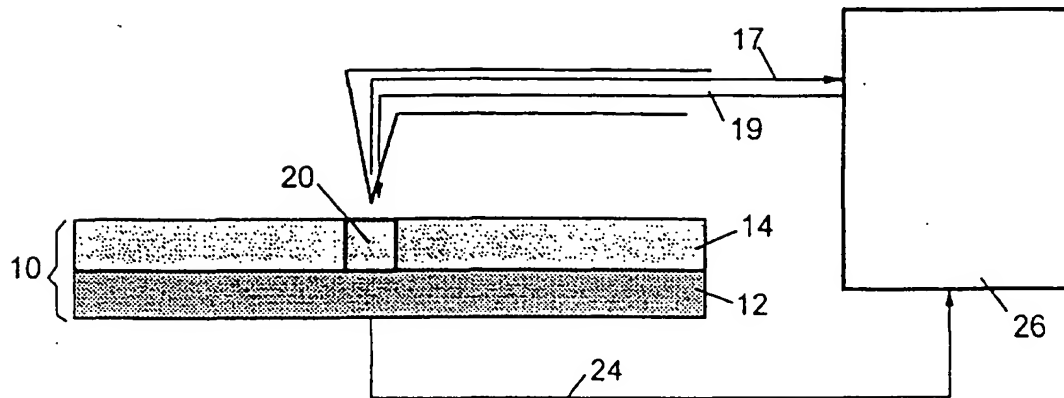


FIG. 4

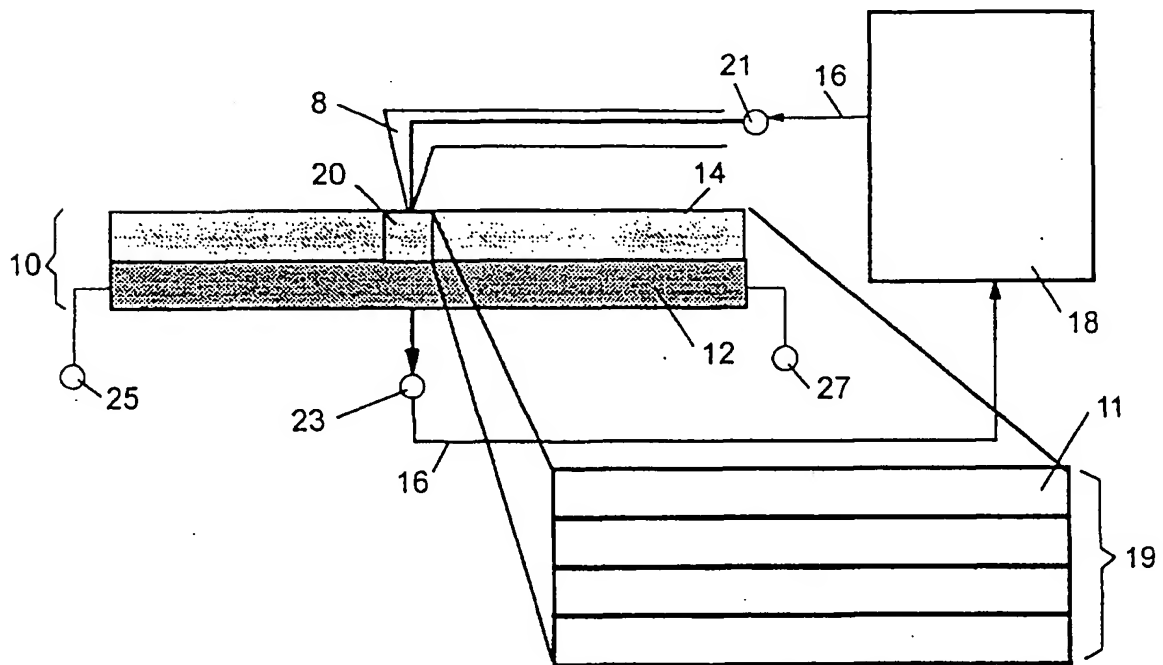


FIG. 5

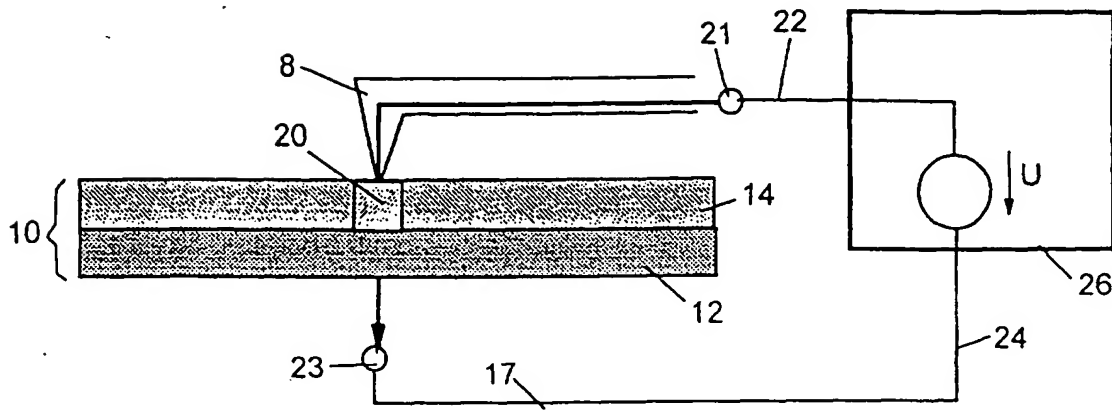


FIG. 6

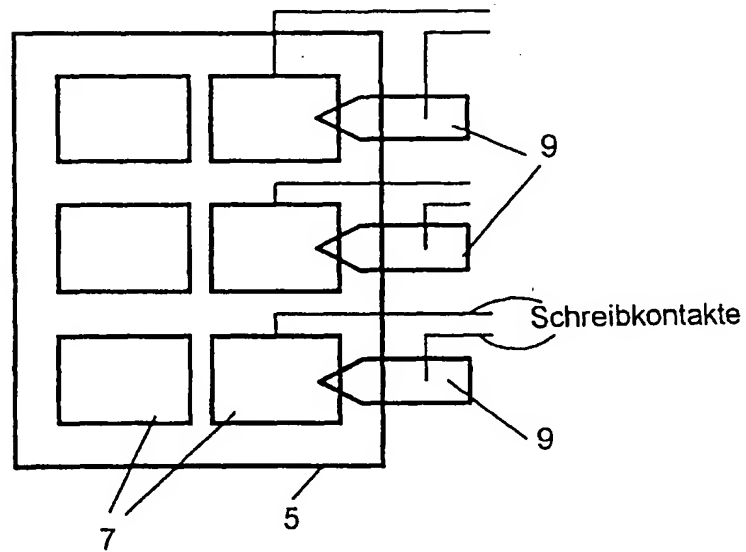
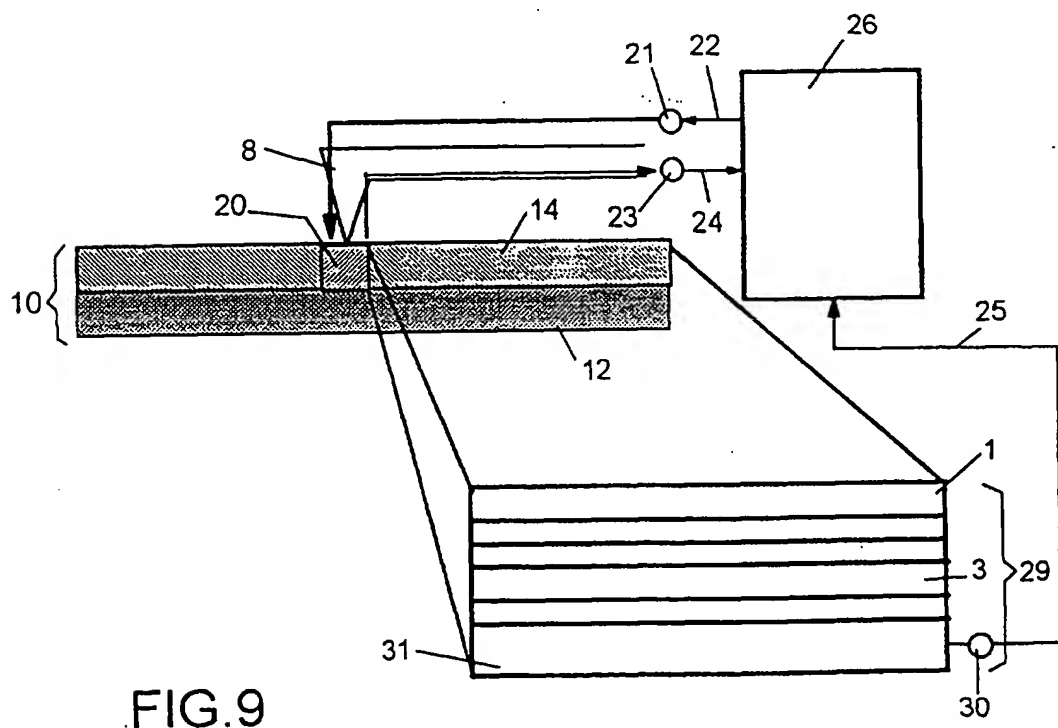
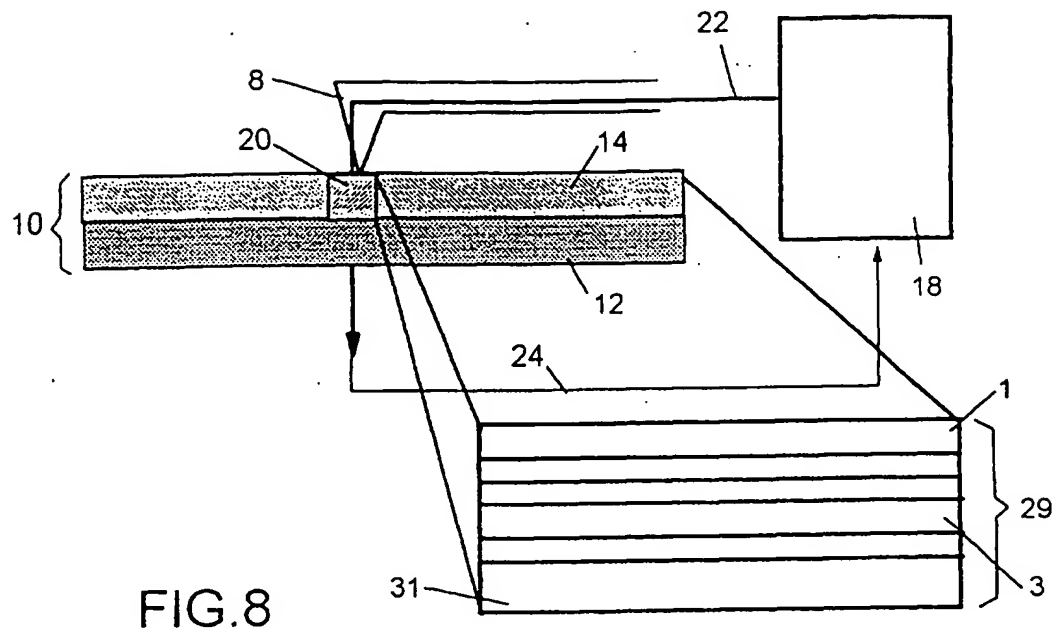


FIG. 7



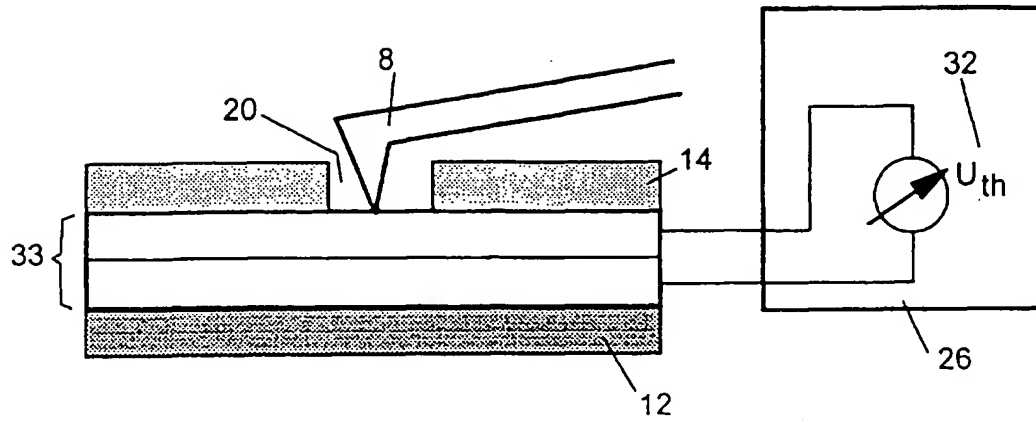


FIG. 10

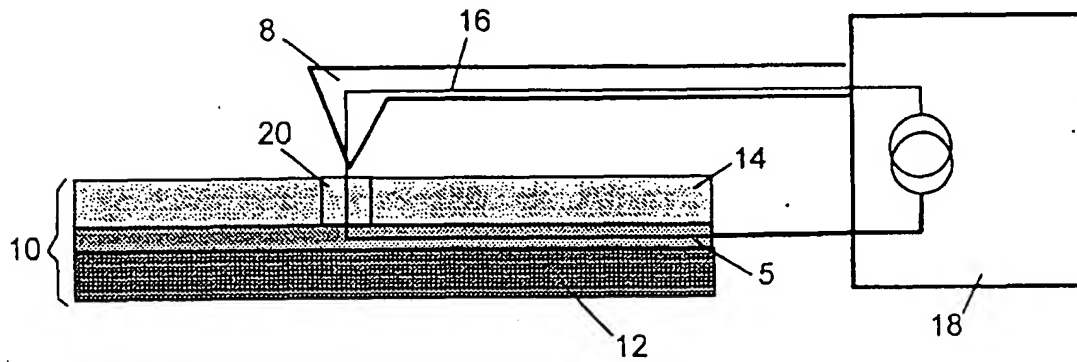


FIG. 11